

Line-CCD를 이용한 수중광학 센서 시스템의 구현

Implementation of Marine Optical Sensor System Using A Line-CCD

정의석*, 이동호*, 이경운*, 임아람*, 정재욱*, 박정호**

Ui-seok Jeong*, Dong-ho Lee*, Kyoung-woon Lee*, A-ram Lim*, Jae-wook Jeong*,
Jung-ho Park**

Abstract

We fabricated optical sensor system that take a measurement particles using a line-CCD in ocean. To measure particles, we used 680nm laser diode which is appropriate. we tested to operate optical system in water tank and ocean. It has performance that detected signal of sensors transfer microprocessor, FPGA as long as move up and down it's motion. The system algorithm also analysis output -pressure, temperature, particle numbers in depth.- For experiment, our particle sensor system has high accuracy counter. therefore, we proposed that a line-CCD is available on optical sensor system in ocean.

요약

수중의 미립자 계수를 위한 Line-CCD를 이용한 수중광학 시스템을 구현하였다. 미립자 계수 측정을 위하여 680nm Laser diode를 광원으로 사용하였다. 광학시스템을 동작확인을 위해 수중 인공탱크 및 해양에서 실험을 하였다. 시스템의 상·하강 운동 시, 마이크로프로세서(FPGA)의 신호 전달(센서의 신호검출)을 통하여 미립자 계수를 알 수 있다. 시스템의 알고리즘은 또한, 깊이에 따른 압력, 온도, 계수 값을 실시간으로 분석한다. 실험을 통해 광학센서 시스템의 높은 정확도를 보여주었다. 따라서, Line-CCD를 통한 실시간 측정 가능한 수중광학 시스템을 제안 하였다.

Key words : Line-CCD, 광학센서, LD, FPGA, 자율플게

1. 서론

21세기에 들어, 다양한 전자 시스템 및 전자 소자 등의 기술 발전으로 인해, 해양 연구가 활발히 진행

되고 있다. 해양의 위치 및 수심에 따른 실시간 해양의 온도, 염분 및 해수에 따른 어류 분포 및 이동 등 다양한 해양생태계 관측 장비 실용화 되고 있다. 특히, 해양생태계의 관측을 통해 해양산업 발전에 이바지 하고 있으며, 해양 자원을 유용하게 이용 할 수 있는 동기가 되고 있다. 또한 각종 해양재난 및 변화에도 신속하게 대처 할 수 있다.

특히, 해수 속에서의 다양하고 정밀한 해양정보에 대한 관측을 위하여 해양환경에 적용 가능한 센서가 구현되고 있다. 어류 분포 등 해양자원의 생태계시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 해양 생태계의 근본이 되는 플랑크톤 등 미세물질에 대한 연

* 高麗大學校 電氣電子電波工學部

(School of Electrical Engineering, Korea University)

★ 교신저자 (Corresponding author)

※ 감사의 글 (Acknowledgment)

본 연구는 해양수산부 미래해양기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

接受日:2010年 9月 5日, 修正完了日: 2010年 9月 29日

구가 활발히 이루어지고 있다. 여기서 주목해야 할 점은 해양 위에서의 관측이 아닌 해수 속으로 유입되어 실시간으로 계측이 가능하도록 하는 기술에 초점이 맞춰져 있다. 따라서, 본 연구에서는 해수 속에서 몸체가 되는 자율 뜰개를 제작하였고, 상·하강 운동이 가능하도록 부력변환장치 이용하였으며, 기존의 상용보드(NI사, sb-crio9602)를 활용하여 해수 속에서의 뜰개의 위치에 따른 압력, 온도 등을 측정 할 수 있도록 구현하였다. 특히, 실시간으로 해양 정보에 따른 미세물질을 계수 할 수 있는 센서연구에 초점을 두었다. 이는 해수에서도 광학기기를 이용한 구현이 가능하다.[1] 따라서, 미립자를 측정하기 위하여, 발광 소자는 빛의 흡수 및 산란 특성을 고려하여 파장이 680nm LD(laser diode)를 사용하였다.[3] 이에 따른 수광소자는 발광된 빛의 신호를 수광하도록 Line-CCD를 이용하였다.



Fig. 1. Key map of autonomous float
그림 1. 자율뜰개 개념도

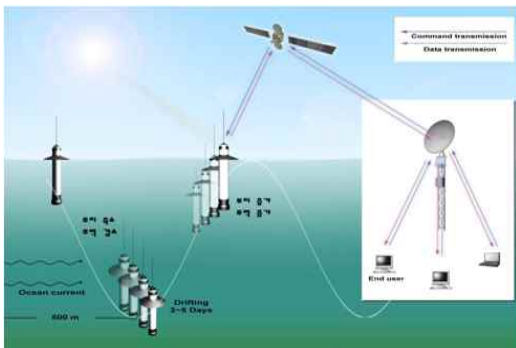


Fig. 2. Using a autonomous float in ocean
그림 2. 해양에서의 자율 뜰개 이용

Line-CCD는 기존의 어레이된 포토다이오드보다 고해상도 구현이 가능하고, 수 천개의 단위픽셀들이 한 모듈로 동작한다. 또한, 제작비용이 포토다이오드에 비해 저렴하며 구동드라이버를 통해 조작성이 용이하다. 발광된 신호가 미립자를 인지하면, 수광 소자에 신호를 전달하는 미립자 계수 센서를 구현하였다.

자율 뜰개 안의 각 센서를 제어하고 구동하기 위하여, 직접화된 통합 모듈 보드를 제작하였다. 또한, 제작된 보드는 검출된 아날로그 신호를 이용하여 데이터화 하고 전송 할 수 있도록 하였다.

II. 본론

1. 해양 광학 센서 시스템의 개발

가. 광학 미립자 측정 계수기 개발

Line-CCD를 이용한 광학 미립자 측정 계수기를 개발하기 위하여 실내 테스트용을 제작하였다.[3] 이는 측정 알고리즘 및 실제 계수기의 개발에 용이하도록 상용보드에서 이용하는 labview 프로그램 기반으로 하였다.

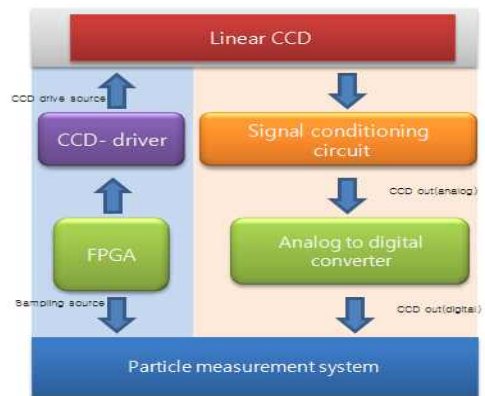


Fig. 3. indoor System control block diagram
그림 3. 실내용 시스템 제어 블록다이어그램

FPGA는 샘플소스 및 CCD 구동 펄스를 제공한다. 제작된 구동 드라이버를 통해 Line-CCD에 수광되는 신호[전압]는 아날로그-디지털 변환기를 통해 측정시스템에 신호값을 전달한다. 이 신호 값을 통해 미립자 계수를 측정 할 수 있다. 또한, 측정 프로그램은 2600개의 각 각의 pixel(11um * 11um)에 변환된 디지털 데이터를 누적하여 결과를 출력하도록 하였다.

나. 자율 뜰개 몸체 제작

본 연구 시스템의 몸체가 되는 자율 뜰개는 원통 압력케이스로 제작하였다. 이는 내장된 시스템의 보호와 자율 운동을 원활히 돕는다. 또한, Aluminum 6061을 사용하여 제작되었는데, 해수에서의 부식에 대해 뛰어난 내구성을 가진다. 기본적으로 수심 200m에서 견딜 수 있도록 설계했으나, 실제로는 500m 내압에도 견딜 수 있다. 상·하강 운동을 위하여 부력 변환장치인 초소형 DC모터를 사용하여 구동하였다. 제작된 부력 변환장치의 엔진은 1:1250의 기어비로 출력 60kgf를 갖고 있다. 최대 수심 200m에서 원활한 힘을 발휘하도록 설계했으며 그 힘의 크기는 부력엔진과 bladder에 연결된다. 부력 운동의 피스톤 왕복 회복 운동이 bladder를 통하여 유체를 입·출력 하여 뜰개의 상·하강 운동이 되도록 설계하였다.



Fig. 4. Fabricated autonomous float
그림 4. 제작된 자율 뜰개

다. 자율 뜰개 미립자 계수 측정기 시스템 개발

실내 테스트용의 광학 미립자 계수기 개발과 자율 뜰개를 이용하여 실제 해양에서 미립자 계수가 가능한 통합 보드 시스템을 개발하였다. 실내 테스트용 시스템 제어를 이용하여 시스템 알고리즘을 구성한 후, 상용보드(NI사, sb-crio9602)를 기반으로 각 각의 센서(압력(pressure sensor), 온도(RTD sensor), 계수기(자체 제작한 sensor)들의 입력을 제어하고 출력을 얻을 수 있는 보드를 제작하였다. 또한, 자율 뜰개의 상·하강 운동도 제어 할 수 있도록 하였다.

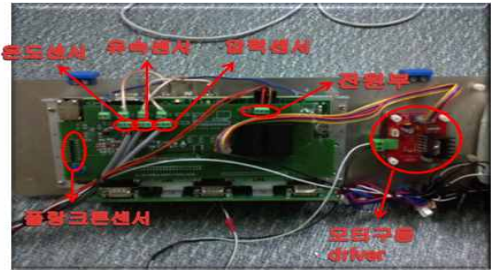


Fig. 5. Sensor control board
그림 5. 센서를 제어하는 통합 보드

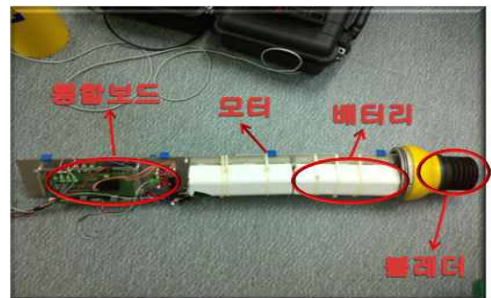


Fig. 6. Overall system inner structure
그림 6. 전체 시스템 내부 구조

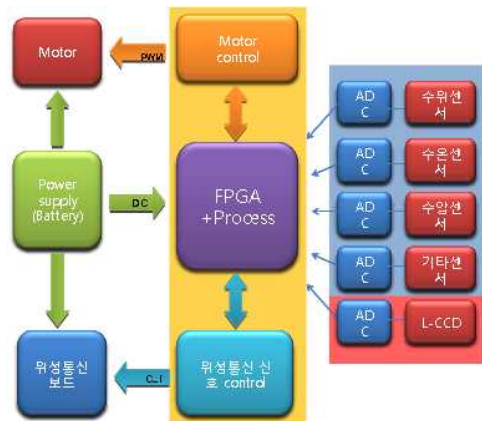


Fig. 7. outdoor System control block diagram
그림 7. 실제용 시스템 제어 블록 다이어그램

2. 시스템 측정 결과

자율 뜰개의 부력변환 장치를 이용한 상·하강 운동이 원활한지 테스트하기 위하여 한국 해양 연구원 내의 10m 수조탱크에서 자율 뜰개를 입수하였다. 이를 통해 자율 뜰개가 원활히 해수 속에서 운동이 가능함

을 확인하였고, 내장된 전자 시스템의 보호가 가능함을 확인 하였다. 또한, Line-CCD 성능을 고려하여 측정이 가능한 인공의 2 ~ 3 mm의 미립자를 광학 계수기 측정 지역으로 유속의 변화를 주며 일정한 양을 주입 시켰다.

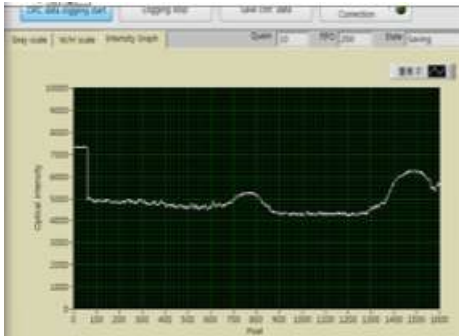


Fig. 8. Detection analog signal of a Line-CCD
 그림 8. Line-CCD의 아날로그 신호 검출

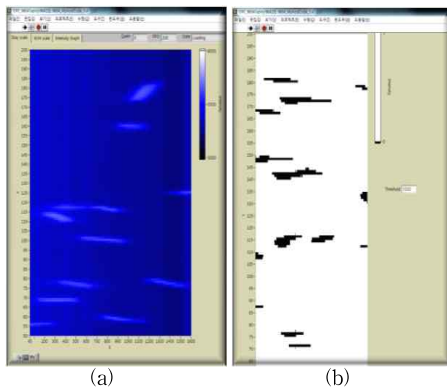


Fig. 9. Measured (a) frame image, (b) converted image
 그림 9. 측정된 (a) 프레임 이미지, (b) 변환된 이미지

시스템에서의 Line-CCD를 통해 검출된 아날로그 신호를 이용하여 디지털 값으로 환산하여 [fig3-2]과 같은 결과를 얻었다. 측정된 결과로부터 유속에 따른 인공 미립자의 계수의 결과를 도출하기 위하여 단위 면적에 통과하는 유속량에 따른 샘플수가 필요하다. 식은 다음과 같다.

1) 수광 면적 : $A(\text{area}) = 2\text{mm} * 5\text{mm} = 10$
 (Line-CCD)

2) 샘플 계수 : $(\text{samples}) \times \frac{A(\text{mm}^2)}{V(\text{mm/s})}$

위의 식에 의한 계수기의 결과는 다음과 같다.

Table 1. Result of measurement 2 ~ 3 mm artificial particles

표 1. 2 ~ 3 mm 인공미립자 계수 결과

유량 (ml/s)	프레임당 계수	평균 계수 (sample-s/ml)
2.8	9	3.214
3.73	14	3.73
4.67	18	3.74
5.8	22	3.79

유량의 속도를 변화를 준 것은 실제 해양에서의 환경에 따라서 자율 뜰개의 이동 속도에 따라서도 일정한 양의 미립자 계수가 있다면, 일정하게 계수가 되어야 한다. 본 실험결과의 평균 계수를 보면, 유량에 따른 평균 계수가 거의 일정함을 알 수 있다. 이로써, 해양에서의 Line-CCD를 통한 미립자계수측정이 가능함과 동시에 정확한 샘플 계수가 측정이 될 수 있음을 확인하였다.

III 결론 및 향후연구

연구에서 초점을 둔 해양에서의 광학 시스템과 그 가능성 및 전체 시스템 제어가 원활히 이루어지고 있음을 알 수 있다. 통합형 보드 시스템 및 알고리즘을 통하여 해양에서의 이용가능성을 제시하였다. 특히, 광학 기기의 Line-CCD는 기존의 미립자 계수 시스템보다 고해상도와 정확한 계수 측정이 가능하다. [1-2, 4] 이는 보다 정밀하고 작은 개체[um 단위의 개체]의 계수까지도 가능 할 것이다. 그러기 위해서는 정밀한 광원에 대한 설계 및 연구가 진행될 필요가 있다. 뿐만 아니라, 고성능의 processor와 FPGA가 장착된 통합 보드가 제작됨에 따라서, 해양에서 정밀한 센서가 요구되는 범위까지도 수용 할 수 있으며, 빠른 데이터 처리와 제어가 가능하고 새로운 기

술 접목 시 확장이 용이하다. 또한, 해양센서의 데이터 장기간 저장 및 외부와의 통신이 가능한데, 이를 위한 저궤도 위성통신 장치를 연동하는 방향에 대해 연구를 진행하고 있다. 장기간 해양에서의 구동에 따른 전력소모 문제와 다양한 해양 환경에 따른 신호의 노이즈 영향을 고려한 설계도 필요할 것이다.

참고문헌

[1] A. W. Herman, B. Beanlands and E. F. Phillips “The next generation of optical plankton counter: the Laser-OPC”, Journal of Plankton Research, Vol. 26, No. 10, 2004

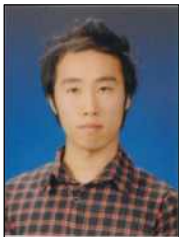
[2] S Beaulieu, M Mullin, V Tang, S Pyne, A King and B Twining, “Using an optical plankton counter to determine the size distributions of preserved zooplankton samples”, Journal of Plankton Research, Vol 21, 1939-1956, 1999

[3] D.H Lee, J.H Kim, K.W Lee, JH Park, “Implementation of Water tank type Optical Plankton Counter Using LED light source” , 대한전자공학회 하계학술대회, vol. CFP-208

[4] K Finlay, BE Beisner, AJD Barnett, “The use of the Laser Optical Plankton Counter to measure zooplankton size, abundance, and biomass in small freshwater lakes”, Limnology and Oceanography, Vol. 5, 41-49, 2007

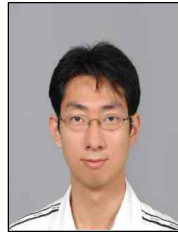
저 자 소 개

정 의 석 (비회원)



2009년 : 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 2009년 8월~현재 : 고려대학교 대학원 전기전자전파공학과 (석·박사 통합과정)
 <주관심분야> Optical sensor, Optical system

이 동 호 (비회원)



2006년 : 국민대학교 물리학과 졸업 (이학사)
 2009년 : 국민대학교 대학원 물리학과 졸업 (석사)
 2009년~현재 : 고려대학교 대학원 전기전자전파공학과 (박사과정)
 <주관심분야> Optical modulator

이 경 운 (비회원)



2006년 : 세종대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 2008년 : 고려대학교 대학원 전기전자전파공학과 졸업(석사)
 2010년 3월~현재: 고려대학교 대학원 전기전자공학과 (박사과정)
 <주관심분야> Advanced Optical communication system

임 아 람 (비회원)



2009년 : 광운대학교 물리학과 졸업(이학사)
 2010년~현재 : 고려대 전기전자전파공학과 (석사과정)
 <주관심분야> Optical modulator

정 재 욱 (비회원)



2010년 : 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 2010년 3월~현재 : 고려대학교 대학원 전기전자전파공학과 (석사과정)
 <주관심분야> Optical device

박 정 호 (비회원)



1981년 고려대학교 전자공학과 학사 졸업.

1987년 University of Delaware 전자공학과 박사 졸업.

1990년 ~ 현재 고려대학교 전기전자전파공학부 교수.

<주관심분야> Optical device, electrical device